

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-175046
 (43)Date of publication of application : 23.06.2000

(51)Int.CI.
 H04N 1/409
 G06T 1/00
 G06T 5/20

(21)Application number : 11-276637 (71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD
 (22)Date of filing : 29.09.1999 (72)Inventor : NAGAO KIMITOSHI

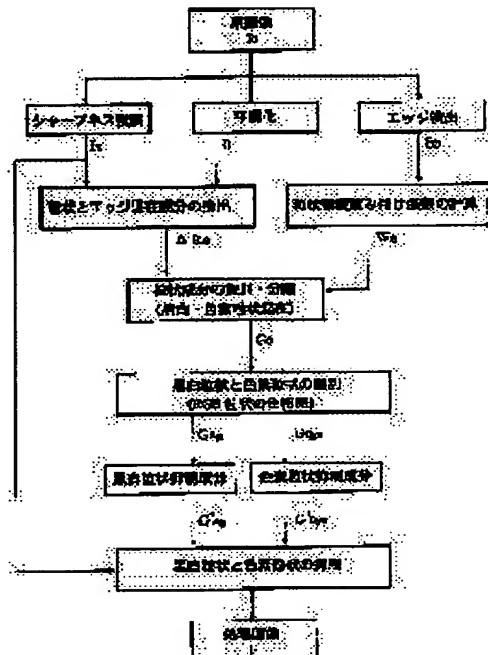
(30)Priority
 Priority number : 10278355 Priority date : 30.09.1998 Priority country : JP

(54) IMAGE PROCESSING METHOD AND IMAGE PROCESSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image processing method for noise suppression and sharpness emphasis of a digital image where granularity is suppressed and image sharpness is emphasized without causing unnatural artifact resulting from discontinuity of a border of a granularity eliminating area and a sharpness emphasis area and to obtain an image processor to execute this method.

SOLUTION: Sharpness emphasis and smoothing are applied to an original image to obtain image data intermingled with an object image edge and a noise, edges are detected from the original image to obtain weighted data of a noise area, the weight data are multiplied by the intermingled image data consisting of the edges and noise to obtain noise data in a noise area for each color, a common noise component in common to all colors and a color dependent noise component are obtained on the basis of the noise data of each color, of preferably a color correlation component obtained by calculating the color correlation of them. A common noise suppression component and a color dependent noise suppression component are obtained by respectively multiplying respective suppression coefficients by the common noise component and the color dependent noise component and the common noise suppression component and the color dependent noise suppression component are selectively eliminated from the sharpness emphasis image.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-175046
(P2000-175046A)

(43)公開日 平成12年6月23日 (2000.6.23)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 04 N 1/409		H 04 N 1/40	101C
G 06 T 1/00		G 06 F 15/62	310A
5/20		15/68	405
		H 04 N 1/40	101D

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全17頁)

(21)出願番号	特願平11-276637
(22)出願日	平成11年9月29日 (1999.9.29)
(31)優先権主張番号	特願平10-278355
(32)優先日	平成10年9月30日 (1998.9.30)
(33)優先権主張国	日本 (JP)

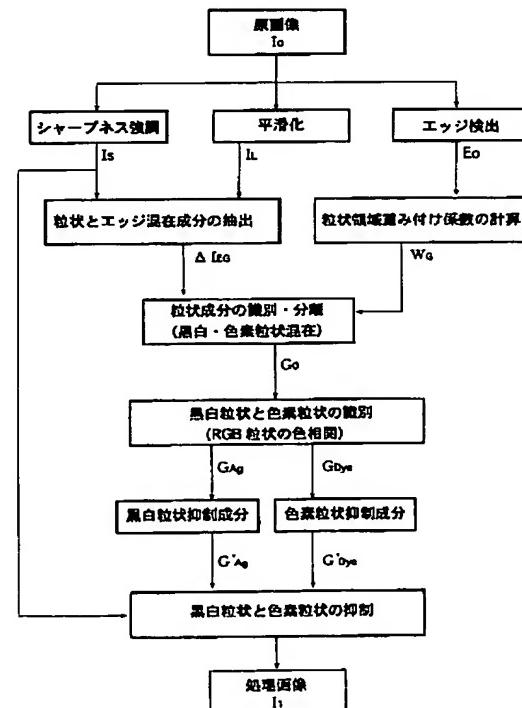
(71)出願人	000005201 富士写真フィルム株式会社 神奈川県南足柄市中沼210番地
(72)発明者	長尾 公俊 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士写真 フィルム株式会社内
(74)代理人	100080159 弁理士 渡辺 望穂

(54)【発明の名称】 画像処理方法および装置

(57)【要約】

【課題】粒状除去領域とシャープネス強調領域の境界が不連続になり画像に不自然なアーチファクトを生じさせずに、粒状を抑制し、かつ画像シャープネスを強調する処理を行うデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法およびこれを実施する画像処理装置を提供する。

【解決手段】原画像にシャープネス強調および平滑化を行って被写体画像エッジとノイズとの混在画像データを求め、原画像にエッジ検出を行ってノイズ領域の重み付けデータを求め、これをエッジとノイズとの混在画像データに乗じてノイズ領域のノイズデータを各色毎に求め、各色のノイズデータから、好ましくはそれらの色相関を計算して得られた色相関成分に基づいて全色に共通に存在する共通ノイズ成分と色依存ノイズ成分とを求め、これらにそれぞれの抑制係数を乗じて、共通ノイズ抑制成分と色依存ノイズ抑制成分とを求め、これらをシャープネス強調画像から選択的に除去することにより、上記課題を解決する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成し、
前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成し、
前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジと、同じくシャープネス強調されたノイズと、が混在する被写体画像エッジとノイズとの混在画像データを作成し、
前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータを求め、
このエッジ領域の重み付けデータからノイズ領域の重み付けデータを求め、
前記被写体画像エッジとノイズとの混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付けデータを乗じて、ノイズ領域のノイズデータを各色毎に求め、
この各色のノイズデータの色相関を計算し、得られた色相関成分に基づいて全色に共通に存在する黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とを求め、
こうして得られた黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黑白ノイズ抑制成分とカラーノイズ抑制成分とを求め、
前記シャープネス強調画像データから前記黑白ノイズ抑制成分と前記カラーノイズ抑制成分とを選択的に除去することにより、ノイズが抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法。
【請求項 2】 前記ノイズは粒状を含み、前記ノイズ領域は粒状領域であり、前記黑白ノイズは黑白粒状、カラーノイズは色素粒状である請求項 1 に記載の画像処理方法。
【請求項 3】 前記原画像データは銀塩カラー写真感光材料に撮影された画像から画像収録装置によって収録されたデジタル画像データであり、前記黑白粒状は未現像ハロゲン化銀粒子および現像銀粒子の少なくとも一方による粒状を含む請求項 2 に記載の画像処理方法。
【請求項 4】 前記原画像データは銀塩カラー写真感光材料に撮影された画像から画像収録装置によって収録されたデジタル画像データであり、前記黑白ノイズは前記未現像ハロゲン化銀粒子および現像銀粒子の少なくとも一方による黑白粒状に加え、さらに各色のランダムなノイズ、前記画像収録装置の固定パターンノイズおよびエイリアシングによるモアレの少なくとも一つを含む請求項 1～3 のいずれかに記載の画像処理方法。
【請求項 5】 前記原画像は画像撮影デバイスによって撮影された画像であり、前記黑白ノイズは各色のランダム

なノイズ、前記画像撮影デバイスの固定パターンノイズおよびエイリアシングによるモアレの少なくとも一つの前記色相関の強いノイズであり、カラーノイズは前記色相関の弱いノイズである請求項 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 6】 原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成し、
前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成し、
前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジと、同じくシャープネス強調されたノイズと、が混在する被写体画像エッジとノイズとの混在画像データを作成し、
前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータおよびノイズ領域の重み付けデータを求め、
前記被写体画像エッジとノイズとの混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付けデータを乗じて、ノイズ領域のノイズデータを各色毎に求め、
この各色のノイズデータから黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とを求め、
こうして得られた黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黑白ノイズ抑制成分とカラーノイズ抑制成分とを求め、
前記シャープネス強調画像データから前記黑白ノイズ抑制成分と前記カラーノイズ抑制成分とを選択的に除去することにより、ノイズが抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法。
【請求項 7】 原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成するシャープネス処理部と、
前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する平滑化処理部と、
前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジと、同じくシャープネス強調されたノイズと、が混在する被写体画像エッジとノイズとの混在画像データを作成するエッジ・ノイズ混在成分抽出部と、
前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータを求めるエッジ検出部と、
このエッジ領域の重み付けデータからノイズ領域の重み付けデータを求めるノイズ領域重み付け係数演算部と、
前記被写体画像エッジとノイズとの混在画像データに、このノイズ領域の重み付けデータを乗じてノイズ領域の

ノイズデータを各色毎に求め、この各色のノイズデータの色相関を計算し、得られた色相関成分に基づいて全色に共通に存在する黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とを求め、得られた黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黑白ノイズ抑制成分とカラーノイズ抑制成分とを求めるノイズ成分識別処理部と、

前記シャープネス強調画像データから前記黑白ノイズ抑制成分と前記カラーノイズ抑制成分を選択的に除去することにより、ノイズが抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成する出力画像演算部とを有することを特徴とするディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理装置。

【請求項8】原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮銳化したシャープネス強調画像データを作成するシャープネス処理部と、

前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する平滑化処理部と、

前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジと、同じくシャープネス強調されたノイズと、が混在する被写体画像エッジとノイズとの混在画像データを作成するエッジ・ノイズ混在成分抽出部と、

前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータを求めるエッジ検出部と、

このエッジ領域の重み付けデータからノイズ領域の重み付けデータを求めるノイズ領域重み付け係数演算部と、前記被写体画像エッジとノイズとの混在画像データに、このノイズ領域の重み付けデータを乗じてノイズ領域のノイズデータを各色毎に求め、この各色のノイズデータから黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とを求め、得られた黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黑白ノイズ抑制成分とカラーノイズ抑制成分とを求めるノイズ成分識別処理部と、

前記シャープネス強調画像データから前記黑白ノイズ抑制成分と前記カラーノイズ抑制成分を選択的に除去することにより、ノイズが抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成する出力画像演算部とを有することを特徴とするディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ディジタル画像の粒状などのノイズ（雑音）を抑制し、かつディジタル画像のシャープネスを強調するディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法および

装置に関する。

【0002】

【従来の技術】銀塩写真等の画像を画像入力スキャナで収録し、画像出力プリンタで出力するようなディジタル画像では、スキャナとプリンタによる大幅なシャープネス劣化があり、それを回復するために従来からラブラシアンフィルタやアンシャープマスク（USM）によるシャープネス強調が行われている。しかし、画像のシャープネスが向上すると共に画像中の粒状やスキャナ等の電気的なノイズ（雑音）などの画像ノイズも強調され、粒状やノイズが悪化する副作用があり、得られた画像は視覚的に不快感を与えるものとなるため、粒状やノイズの悪化が許容される範囲内、すなわち、視覚的に不快感を与えない範囲内で控え目なシャープネス強調しか行えないという欠点があった。

【0003】特に、撮影に用いる銀塩カラー写真感光材料が発色したシアン、マゼンタ、イエローの色素の他に未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子を含むもの、例えば本出願人による欧州特許（EPC）第800114A号の実施例に記載された銀塩カラー写真感光材料である場合には、上記従来技術によるシャープネス強調処理を行ったり、色補正や階調修正等のデジタル画像処理演算を行うと、画像に含まれる未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子による粒状が強調され、画質が好ましくないものとなる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、ディジタル画像において、従来より、ノイズとなる粒状を除去してシャープネスを強調する画像処理法としては幾つか提案されているが、粒状を除去する方法として、粒状を平均化したり、ぼかし方法を用いているため、ぼけた粒状パターンが視覚的には不快に感じられたり、除去してはならない画像の微細構造を粒状と共に除去したり、不自然な違和感のあるアーティファクトが生じる等の欠点を有しており、写真のような審美的な画像には適さないものであった。

【0005】例えば、上述した従来の粒状抑制・シャープネス強調画像処理方法では、シャープネスはアンシャープマスクで強調し、粒状はぼかしたり、平滑化によって抑制する手法を用い、原画像から粒状（ノイズ）信号と輪郭信号を信号レベルで分離して、輪郭信号はシャープネス強調し、平滑領域は粒状抑制することにより、小さい信号を粒状と見做して処理するので、粒状の信号レベルと近い画像細部信号、すなわち、芝生や衣類のテクスチャや頭髪等の画像信号が粒状と共に抑制され、画像処理のアーティファクトとして視覚的に不快な画像となる欠点があるという問題があった。すなわち、このような従来法では、粒状抑制の方法としてぼけや平均化を用いており、ぼけた粒状パターンは粒状が良くなつたかのように見えるが、逆にぼけて広がつた粒状パターンが視

覚的には不快なパターンと認識され、特に、ポートレート写真等の顔や肌、あるいは壁や空等の一様な被写体で目立つという問題があった。

【0006】本発明は、上記従来技術の欠点を鑑みてなされたものであって、写真、印刷、テレビジョン、電子スチル写真、各種複写機等の画像において、特に、上記のような未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子を含む写真画像において、カメラによるぼけ、写真感光材料の粒状やぼけ等の画像に固有のノイズ、すなわち雑音と鮮鋭度（シャープネス）劣化、もしくはその原稿画像をスキヤナなどの画像入力装置でデジタル化する際に、上記のような欠点、すなわち、粒状が強調され、視覚的に不快に見えるという欠点や、コントラストの低い画像信号が粒状と誤認され、抑制あるいは除去されるという欠点や、粒状除去領域とシャープネス強調領域の境界が不連続になり画像に不自然なアーチファクトが見られるという欠点を生じさせずに、粒状を抑制し、かつ画像シャープネスを強調する処理を行うデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法およびこれを実施する画像処理装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、先ず、原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成し、前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成し、前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジと、同じくシャープネス強調されたノイズと、が混在する被写体画像エッジとノイズとの混在画像データを作成し、次いで、前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータを求め、このエッジ領域の重み付けデータからノイズ領域の重み付けデータを求め、前記被写体画像エッジとノイズとの混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付けデータを乗じて、ノイズ領域のノイズデータを各色毎に求め、続いて、この各色のノイズデータの色相関を計算し、得られた色相関成分に基づいて全色に共通に存在する黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とを求める、こうして得られた黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黑白ノイズ抑制成分とカラーノイズ抑制成分とを求める、最後に、前記シャープネス強調画像データから前記黑白ノイズ抑制成分と前記カラーノイズ抑制成分とを選択的に除去することにより、ノイズが抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法を提供するものである。

【0008】また、本発明は、原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成し、前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成し、前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジと、同じくシャープネス強調されたノイズと、が混在する被写体画像エッジとノイズとの混在画像データを作成し、前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータおよびノイズ領域の重み付けデータを求め、前記被写体画像エッジとノイズとの混在画像データに、前記ノイズ領域の重み付けデータを乗じて、ノイズ領域のノイズデータを各色毎に求め、この各色のノイズデータから黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とを求める、こうして得られた黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黑白ノイズ抑制成分とカラーノイズ抑制成分とを求める、前記シャープネス強調画像データから前記黑白ノイズ抑制成分と前記カラーノイズ抑制成分とを選択的に除去することにより、ノイズが抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法を提供するものである。

【0009】ここで、前記黑白ノイズ成分と前記カラーノイズ成分とは、前記ノイズ領域の各色のノイズデータの色相関を計算し、得られた色相関成分に基づいて求められ、前記黑白ノイズ成分は、前記色相関成分に基づいて全色に共通に存在する成分として求められ、前記カラーノイズ成分は、前記色相関成分に基づいて各色毎に独立に存在する成分として求められるのが好ましい。また、前記ノイズ領域の重み付けデータは、前記エッジ領域の重み付けデータから求められるのが好ましい。

【0010】また、本発明は、原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成するシャープネス処理部と、前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する平滑化処理部と、前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジと、同じくシャープネス強調されたノイズと、が混在する被写体画像エッジとノイズとの混在画像データを作成するエッジ・ノイズ混在成分抽出部と、前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータを求めるエッジ検出部と、このエッジ領域の重み付けデータからノイズ領域の重み付けデータを求めるノイズ領域重み付け係数演算部と、前記被写体画像エッジとノイズとの混在画像データに、このノイズ領域の重み

付けデータを乗じてノイズ領域のノイズデータを各色毎に求め、この各色のノイズデータの色相関を計算し、得られた色相関成分に基づいて全色に共通に存在する黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とを求め、得られた黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黑白ノイズ抑制成分とカラーノイズ抑制成分とを求めるノイズ成分識別処理部と、前記シャープネス強調画像データから前記黑白ノイズ抑制成分と前記カラーノイズ抑制成分とを選択的に除去することにより、ノイズが抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成する出力画像演算部とを有することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理装置を提供するものである。

【0011】また、本発明は、原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれるノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成するシャープネス処理部と、前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する平滑化処理部と、前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジと、同じくシャープネス強調されたノイズと、が混在する被写体画像エッジとノイズとの混在画像データを作成するエッジ・ノイズ混在成分抽出部と、前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域とノイズ領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータを求めるエッジ検出部と、このエッジ領域の重み付けデータからノイズ領域の重み付けデータを求めるノイズ領域重み付け係数演算部と、前記被写体画像エッジとノイズとの混在画像データに、このノイズ領域の重み付けデータを乗じてノイズ領域のノイズデータを各色毎に求め、この各色のノイズデータから黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とを求め、得られた黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黑白ノイズ抑制成分とカラーノイズ抑制成分とを求めるノイズ成分識別処理部と、前記シャープネス強調画像データから前記黑白ノイズ抑制成分と前記カラーノイズ抑制成分とを選択的に除去することにより、ノイズが抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成する出力画像演算部とを有することを特徴とするを提供するものである。ここで、前記ノイズ成分識別処理部は、前記ノイズ領域の各色のノイズデータの色相関を計算し、得られた色相関成分に基づいて全色に共通に存在する前記黑白ノイズ成分と前記カラーノイズ成分とを求めるものであるのが好ましい。

【0012】上記各態様において、前記ノイズは粒状を含み、前記ノイズ領域は粒状領域であり、前記黑白ノイズは黑白粒状であり、カラーノイズは色素粒状であるのが好ましく、前記原画像データは銀塩カラー写真感光材料に撮影された画像からスキャナ等の画像収録装置によ

り収録されたデジタル画像データであり、前記黑白粒状は未現像ハロゲン化銀粒子および現像銀粒子の少なくとも一方による粒状を含むのが好ましい。また、前記原画像データは銀塩カラー写真感光材料に撮影された画像からスキャナ等の画像収録装置によって収録されたデジタル画像データであり、前記黑白ノイズは前記未現像ハロゲン化銀粒子および現像銀粒子の少なくとも一方による黑白粒状に加え、さらに前記画像収録装置の固定パターンノイズを含むのが好ましい。また、前記原画像データはデジタルカメラ等のような画像撮影デバイスによって直接撮影されたデジタル画像データであり、前記黑白ノイズは前記画像撮影デバイスの固定パターンノイズであり、カラーノイズは前記色相関の弱いノイズであるのが好ましい。

【0013】また、前記エッジ検出は局所分散方式によるものが好ましく、前記シャープネス強調処理はガウシャン型のアンシャープマスク処理であるのが好ましく、また前記平滑化処理はガウシャン型のマスク処理であるのが好ましい。勿論、これらはガウシャン型に限られるものではなく、他のものでも良い。また、シャープネス強調は、粒状抑制無しでは粒状がかなり目立つても、必要十分に強く掛けるのが好ましい。

【0014】本発明においては、先ず、カラー原画像にシャープネス強調処理を行い、画像を鮮鋭化すると共に画像中に含まれるノイズ（粒状・雑音）を共に鮮鋭化しておき、画像のエッジ部と平坦部とを領域分割し、平坦部をノイズ（粒状）領域と見做してノイズ（粒状）の信号を検出する。次に、例えばR（赤）、G（緑）、B（青）のノイズ（粒状）信号の色相関を計算し、色相関が強ければ3色に共通して含まれる黑白ノイズ（黑白粒状）と見做し、色相関が弱ければ各色に独立して含まれるカラーノイズ（色素粒状）と見做すことによって、両者の識別を行う。識別した黑白ノイズ（黑白粒状）を3色の鮮鋭化画像信号のノイズ（粒状）領域から選択的に除去することにより、例えば、銀塩カラー写真感光材料の未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子による黑白粒状や画像入力装置（スキャナ等の画像収録装置やデジタルカメラ等の撮像デバイス）の固定パターンノイズなどの黑白ノイズ（黑白粒状）成分を除去することができる。一方、残るカラーノイズ（色素粒状）については、例えばR、G、Bのそれぞれの色毎にノイズ（粒状）抑制を行う。

【0015】本発明の画像処理方法および装置に適用されるノイズ（粒状）抑制法では、画像の被写体成分と同時にノイズ（粒状）成分もシャープネス強調により微細化されており、そのノイズ（粒状）成分をシャープネス強調画像から差し引く方法でノイズ（粒状）を抑制するので、元のノイズ（粒状）より空間的に細かくかつ濃淡変化の小さいノイズ（粒状）を実現することができる。従って、ノイズ（粒状）は空間的に微細化されるので、

例えば、銀塩カラー写真感光材料で微粒子乳剤を用いた時に得られるような細かい粒状（ノイズ）にすることができる。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明に係るディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法およびこれを実施する画像処理装置を添付の図面に示す好適実施例に基づいて詳細に説明する。

【0017】図1は、本発明に係る画像処理装置を組み込んだ、カラー画像を読み取り、粒状抑制・シャープネス強調の画像処理を行い、カラー画像を出力するカラー画像再生システムのブロック図である。図2は、本発明に係る画像処理方法を実施する画像処理装置の一実施例のブロック図である。図3は、本発明の画像処理方法の処理アルゴリズムの一例を示すフローチャートである。以下の説明では、ディジタル画像としてカラー写真画像、カラー画像データとしてR（赤）、G（緑）およびB（青）の3色の色データを代表例として説明するが、本発明はこれに限定されない。

【0018】図1に示すように、カラー画像再生システム10は、カラー写真画像（カラーネガフィルム、カラーリバーサルフィルムなどのフィルム画像などやディジタルカメラ等の撮影画像）などのカラー画像を読み取ってディジタル入力画像データを得る画像入力装置12と、画像入力装置12から入力される入力画像データに所要の画像処理とともに本発明のディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理を施して、出力画像データI₁を得る画像処理装置14と、画像処理装置14から出力される出力画像データI₁に基づいてプリント画像などのカラー画像を出力する画像出力装置16とを具備する。

【0019】画像入力装置12は、ディジタルカラー画像データを作成して、画像処理装置14への入力画像データとして出力するためのもので、例えば、画像収録装置、具体的には、カラー（またはモノクロ）ネガフィルムやカラー（またはモノクロ）リバーサルフィルムなどのカラーフィルム画像をCCD素子などの撮像素子や撮像デバイス等によって読み取ってディジタル画像データを作成するフィルムスキャナ装置、印刷物や反射プリント画像などのカラー反射原稿画像を撮像素子によって読み取ってディジタル画像データを作成する反射原稿用スキャナ装置や、画像撮影デバイス、具体的には、被写体を撮像素子、撮像デバイス等で直接撮影してディジタル画像データを作成するディジタルカメラや電子スチルカメラやビデオカメラ、もしくは、これらで作成されたディジタル画像データを格納した記録媒体、例えば、スマートメディア、PCカードなどの半導体メモリーやFD、ZiPなどの磁気記録媒体やMO、MDなどの光磁気記録媒体やCD-ROM、Photo-CDなどの光記録媒体などをドライブしてディジタル画像データとし

て読み出すドライバ、これらのディジタル画像データを読み込んでソフトコピー画像を表示するCRTモニタ、液晶モニタなどの表示装置、および読み込んだもしくは表示されたディジタル画像データを全体的にもしくは部分的に画像処理する画像処理用PC、WSなどのコンピュータなどを挙げることができる。

【0020】画像出力装置16は、最終処理画像データとして画像処理装置14から出力される出力画像データに基づいて、カラー写真画像などのカラー入力画像が再現されたカラー画像を出力するためのもので、反射プリント画像や反射原稿画像などのカラーハードコピー画像を出力するデジタルフォトプリンタや複写機や電子写真、レーザプリンタ、インクジェット、熱昇華型、TAなどの種々の方式のデジタルカラープリンタなどの画像出力装置、ソフトコピー画像として表示するTV、CRTモニタ、液晶モニタ等の表示装置やPCやWSなどのコンピュータなどを挙げることができる。

【0021】本発明の特徴とする画像処理装置14は、画像入力装置12からの入力画像データの色および調子（階調）を画像出力装置14に所望の色および調子再現で出力するために調整処理して原画像データI₀を作成する色・調子処理部18と、この色・調子処理部18によって処理された原画像データI₀に本発明の最も特徴とする部分であって、本発明のディジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法を実施して出力画像データI₁を作成する粒状抑制・シャープネス強調画像処理部20と、色および調子再現性が調整された画像データに基づいて再生画像を表示する画像モニタおよび種々の所要の画像処理や本発明の画像処理を行うためのパラメータを設定する画像処理パラメータ設定部からなる画像モニタ・画像処理パラメータ設定部22とを有する。

【0022】ここで、色・調子処理部18は、画像入力装置12から入力される入力画像データの色および調子（階調）の再現性を画像出力装置16において適正に再現されるように色変換または色補正（階調変換または補正も含む）を行って、本発明の画像処理方法を実施するための原画像データI₀を作成するものであり、ここで行われる処理としては、例えば、色（グレイ）変換や補正、階調補正、濃度（明るさ）補正、彩度補正、倍率変換、濃度ダイナミックレンジの圧縮・伸長などの種々の処理を挙げることができる。

【0023】画像モニタ・画像処理パラメータ設定部22は、画像モニタおよび画像処理パラメータ設定部からなり、画像モニタに画像入力装置12から入力された入力画像データに基づいて入力画像を表示するとともに、この画像モニタを用いて（例えばGUIなどによって）入力画像データに色・調子処理部18および本発明の画像処理方法を実施するための粒状抑制・シャープネス強調画像処理部20で行う各種の画像処理のパラメータを

図示しないマウスやキーボードなどのデータ入力機によって設定するためのものである。ここで、設定されるパラメータは、上述した各種の処理に用いられる補正係数、変換係数、倍率などや後に詳細に説明する本発明の画像処理方法を実施する上で必要となる様な係数などのパラメータなどを挙げることができる。

【0024】本発明の画像処理方法を実施する粒状抑制・シャープネス強調画像処理部（以下、単に本画像処理部という）20は、色・調子処理部18で作成された原画像データ I_0 に本発明の特徴とする粒状抑制・シャープネス強調画像処理を行って、画像出力装置16に出力するための出力画像データである最終処理画像データ I_1 を作成するためのものである。

【0025】ここで、本画像処理部20は、図2に示すように、原画像データ I_0 にシャープネス強調処理を行って、画像とともにこの画像中に含まれる粒状あるいはノイズ（雑音）をも鮮鋭化されたシャープネス強調画像データ I_S を作成するシャープネス強調処理部24と、原画像データ I_0 に平滑化処理を行って、平滑化画像データ I_L を作成する平滑化処理部26と、シャープネス強調画像データ I_S から平滑化画像データ I_L を減算して、共にシャープネス強調された被写体画像のエッジと粒状とが混在する被写体画像エッジと粒状との混在画像データ ΔI_{EG} を作成するエッジ・粒状混在成分抽出部28と、原画像データ I_0 からエッジ検出を行って、被写体エッジ領域と粒状領域とを識別するためのエッジ成分 E_0 を求めるエッジ検出部30と、このエッジ成分 E_0 から粒状領域の重み付けデータ W_G を求める粒状領域重み付け係数演算部32と、エッジ・粒状混在成分抽出部28で得られた混在画像データ ΔI_{EG} にこの粒状領域の重み付けデータ W_G を乗じて粒状領域の粒状データ G_0 をR, G, Bの各色毎に求め、このR, G, Bの粒状データ G_0 間の色相関を計算して得られた色相関成分 C_{RGB} に基づいてR, G, Bの3色に共通に存在する黑白粒状成分 G_{Ag} とR, G, Bの3色に独立に存在する色素粒状成分 G_{Dye} とを識別して分離し、それぞれの成分にそれぞれの抑制係数 α_{Ag} と α_{Dye} を乗じて黑白粒状抑制成分 G'_{Ag} と色素粒状抑制成分 G'_{Dye} とを求める粒状成分識別処理部34と、シャープネス強調処理部24で作成されたシャープネス強調画像データ I_S から黑白粒状抑制成分 G'_{Ag} と色素粒状抑制成分 G'_{Dye} とを引き算して選択的に除去し、画像出力装置16へ出力するための出力画像データとして、最終処理画像データ I_1 を作成する出力画像演算部36とを有する。

【0026】図2に示す粒状抑制・シャープネス強調画像処理部20は、基本的に以上のように構成されるが、以下に図3に示す本発明の画像処理方法の処理アルゴリズムを示すフローチャートを参照しながら、本処理部20の作用および本発明の画像処理方法について詳細に説明する。

【0027】本発明においては、図2および図3に示すように、各色、各画素毎に先ず、原画像 I_0 から、シャープネス強調処理部24においてシャープネス強調画像 I_S を、平滑化処理部26において平滑化画像 I_L を作成し、エッジ・粒状混在成分抽出部28においてエッジと粒状（ノイズ）が混在した微細画像データ ΔI_{EG} を抽出する。一方、エッジ検出部30において原画像 I_0 から画像中の被写体のエッジ成分 E_0 を検出し、粒状領域重み付け係数演算部32においてエッジ成分 E_0 から粒状領域の重み付けデータ $W_G(x, y)$ を求める。

【0028】粒状成分識別処理部34において、先ず、粒状領域重み付け係数演算部32で得られた粒状領域重み付け係数データ $W_G(x, y)$ を、先にエッジ・粒状混在成分抽出部28で求めたエッジ・粒状混在微細画像データ $\Delta I_{EG}(x, y)$ に乗算し、粒状領域の粒状成分 G_0 を識別分離し、R, G, Bの各色毎に求める。この粒状成分 G_0 には未現像のハロゲン化銀粒子や現像銀粒子などの銀粒状からなる黑白粒状と色素粒状とが混在している。次に、R, G, Bの粒状成分 G_0 から粒状の色相関成分 C_{RGB} を計算し、これが主として上述した銀粒状からなるR, G, Bの3原色に共通に存在する黑白粒状を表わすと見做し、色相関成分 C_{RGB} に所定係数を乗じたものをR, G, Bの粒状成分 G_0 に乘じて色相関のある、もしくは強い黑白粒状成分 G_{Ag} を求める。一方、粒状成分 G_0 から黑白粒状成分 G_{Ag} を減算して、R, G, Bの3色に独立に存在する色素粒状成分 G_{Dye} を求め、粒状成分 G_0 から黑白粒状成分 G_{Ag} と色素粒状成分 G_{Dye} とを識別して分離する。続いて、黑白粒状成分 G_{Ag} と色素粒状成分 G_{Dye} とにそれぞれの抑制係数 α_{Ag} と α_{Dye} を乗じて黑白粒状抑制成分 G'_{Ag} と色素粒状抑制成分 G'_{Dye} とを求める。

【0029】最後に、出力画像演算部36において、シャープネス強調処理部24で作成されたシャープネス強調画像データ I_S から黑白粒状抑制成分 G'_{Ag} と色素粒状抑制成分 G'_{Dye} とを引き算して選択的に除去することによって、画像出力装置16へ出力するための出力画像データとして、粒状が抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネスが強調された最終処理画像 I_1 を得ることができる。

【0030】本発明の特徴は、

- i) 先ず、原画像からシャープネス強調画像と平滑化画像とを作成し、エッジ・粒状混在の画像データを作成し、
- ii) そのエッジ・粒状混在画像データから、別途原画像から局所的な分散等の方法により求めたエッジ像データから計算した粒状領域の重み係数を用いて、エッジ成分と粒状成分を識別し、粒状成分を抽出し、
- iii) エッジ成分から平坦領域の重み付け関数 W_G を求める。 W_G を用いて画像のエッジ領域のシャープネス強調を保持し、平坦領域は粒状抑制を行って、

IV) 粒状を微粒子化手法で抑制し、画像エッジ（輪郭）と粒状の領域を非線形変換で識別することにより、粒状抑制処理とシャープネス強調処理をファジー（Fuzzy）に配分した点である。すなわち、粒状領域とエッジ領域の境界は $o_n / o_f f$ 的なものではなく、両領域がオーバーラップしていて、その比率が徐々に変わっていくようなものなので、境界が不自然に目立つことなく、極めて自然なものとなる。

【0031】次に、本発明の画像処理方法の各工程について図3（および図2）を参照して簡単に説明する。

1) シャープネス強調工程（シャープネス強調処理部24による）

アンシャープマスク USM やガウシアン型アンシャープマスク（Gaussian USM）、あるいはラプラシアンフィルタを用いて、原画像 I_0 に画像のぼけ回復とシャープネス向上のための強調を行い、シャープネス強調画像 I_S を求める。

2) エッジ・粒状混在成分の抽出工程（エッジ・粒状混在成分抽出部28による）

例えば、原画像の $n \times n$ の平滑化マスクなどの平均化やぼけマスクを用いて原画像 I_0 の平滑化画像 I_L を作成し（平滑化工程（平滑化処理部26による））、シャープネス強調画像 I_S からエッジ・粒状混在の微細画像データ ΔI_{EG} を作成する。

【0032】3) エッジ領域と平坦領域の重み付け係数の算出工程（粒状領域重み付け係数演算部32による）
局所的分散等のエッジ検出マスクを用いて原画像 I_0 から画像被写体のエッジ E_0 検出し（エッジ検出（エッジ検出部30による））、そのエッジ成分から抑制したい粒状のある平坦（粒状）領域の重み付け関数 W_G を求める。

【0033】4) エッジと粒状の識別・分離工程（粒状成分識別処理部34による）

先に求めたエッジ・粒状混在の微細画像データ ΔI_{EG} に粒状領域の重み付け関数 W_G を乗じて、粒状成分 G_0 を求める。

5) 黒白粒状成分と色素粒状成分の識別・分離工程（粒状成分識別処理部34による）

R, G, B の粒状成分 G_0 から粒状の色相関成分 C_{RGB} を計算し、これが主として未現像ハロゲン化銀や現像銀による黑白粒状成分 G_{Ag} を表すものであると見做す。元の粒状成分 G_0 から黑白粒状成分 G_{Ag} を取り除いた残りの成分を色素粒状成分 G_{Dye} と見做す。

6) 黒白粒状と色素粒状の抑制成分の算出工程（粒状成分識別処理部34による）

黑白粒状成分 G_{Ag} と色素粒状成分 G_{Dye} にそれぞれの抑制定数 α_{Ag} と α_{Dye} を掛けたものを、それぞれ黑白粒状抑制成分 G_{Ag} と色素粒状抑制成分 G_{Dye} とする。

【0034】7) シャープネス強調画像から黑白粒状と色素粒状の抑制工程（最終処理画像の算出工程）（出力

画像演算部36による）

シャープネス強調を行った画像 I_S から、粒状領域で求めた黑白粒状抑制成分 G_{Ag} と色素粒状抑制成分 G_{Dye} を除算することにより、原画像 I_0 の被写体エッジ領域はシャープネス強調され、粒状領域は粒状抑制された最終の処理画像 I_1 を得る。

本発明においては、以上の画像処理を行うことによって、画像のエッジ領域はシャープネス強調され、かつ平坦領域は粒状抑制を行うことができる。本発明において、粒状抑制の程度を決めるパラメータは、粒状・エッジ成分の濃度変動 ΔD の平方自乗平均（RMS）に基づいて自動設定することもできる。また、粒状・ノイズを抑制し、かつシャープネスを強調する以上の本発明の画像処理アルゴリズムを、デジタル化された画像データに対して、コンピュータあるいは専用処理装置14を使用して処理することができる。

【0035】本発明の画像処理方法および装置において対象とする画像としては、特に制限的ではないが、銀塩カラーフィルムなどの銀塩カラー写真感光材料を用いた写真画像、デジタルカメラによる写真画像、印刷、各種複写機等のハードコピー画像のみならず、テレビジョン、コンピュータのCRT、液晶などの表示装置に表示されるソフトコピー画像であってもよい。また、以上の説明では、これらの画像において抑制すべきノイズとして粒状を代表例として説明しているが、本発明はこれに限定されず、写真感光材料の粒状等に起因する原稿画像に固有のノイズ、もしくはこれらの原稿画像をスキャナ等の画像入力装置で読み取ってデジタル画像化する際に付加されるノイズ、あるいはビデオカメラや電子スチルカメラやデジタルスチルカメラで撮影してデジタル画像化する時に混入するノイズなど、画像再現においてざらついて見える抑制の対象となるノイズであればどのようなものでもよい。また、以上の説明では、特に識別・分離して抑制すべきノイズである粒状として、銀塩カラー写真感光材料の未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子などの銀粒状からなる黑白粒状と色素粒状とを挙げているが、本発明はこれに限定されず、黑白粒状に基づく R, G, B のランダムなノイズの他に、例えば画像入力装置、具体的には、スキャナやデジタルカメラ等の撮像素子（CCDやMOS型）や撮像デバイスなどの固定パターンノイズやエイリアジングによるモアレ等の R, G, B の色相関を有するような、もしくは色相関の強いノイズやアーチファクトであってもよい。

【0036】次に、本発明の画像処理方法の各工程について詳細に説明する。

1) まず、シャープネス強調工程について説明する。

ここで、画像のシャープネスを強調する方法としては、アンシャープマスク（Unsharp masking, USM）またはラプラスיאン（Laplacian）が良く知られている。本発明においても、これらを用いることにより、画像のシャープネ

劣化が軽度なものであれば、画像のシャープネスを強調することができる。アンシャープマスクは、次式のように原画像 $I_0(x, y)$ から、 $I_0(x, y)$ を平均化あるいはぼかした画像 $\langle I_0(x, y) \rangle$ を引いて求めたエッジ強調成分

$$I_S(x, y) = I_0(x, y) + a [I_0(x, y) - \langle I_0(x, y) \rangle] \quad (1)$$

ここで、 a はシャープネス強調の程度を調節する定数であり、 x, y は、画像中の注目画素の位置を示す。

【0037】ラプラシアンは、画像 $I_0(x, y)$ の二次微分

$$I_S(x, y) = I_0(x, y) - \nabla^2 I_0(x, y) \quad (2)$$

ラプラシアンによるシャープネス強調の具体的な例としては、下記のような 3×3 の係数配列が良く用いられ

$$\begin{array}{ccc} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{array} \quad \begin{array}{ccc} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{array} \quad \begin{array}{ccc} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{array} \quad (3)$$

【0038】この係数配列では、特に強いシャープネス強調を掛けたときに、画像のエッジに不自然な輪郭が発生しやすい。そこで、そのような欠点を少なくするため

$$G(x, y) = (1/2\pi\sigma^2) \exp[-(x^2 + y^2)/2\sigma^2] \quad (4)$$

ここで、 σ^2 は正規分布関数の広がりを表すパラメータであり、マスクの端 $x = x_1$ における値とマスクの中心

$$G(x_1, 0)/G(0, 0) = \exp[-x_1^2/2\sigma^2] \quad (5)$$

が $0, 1 \sim 1, 0$ となるように調節することによって、 3×3 のアンシャープマスクのシャープさを所望のものとすることができる。上記式 (5) の値を $1, 0$ に近い値にすると、式 (3) の中央のラプラシアンフィルタとほぼ同じマスクを作ることができる。マスクのシャープさを変更するには、この他にマスクの大きさを変更する

$$E(x, y) = \exp[-(x^2 + y^2)^{1/2}/a] \quad (6)$$

ここで、 a は上記式 (4) の σ^2 と同様にアンシャープマスクの広がりを表すパラメータであり、マスクの端の

$$E(x_1, 0)/E(0, 0) = \exp[-x_1/a] \quad (7)$$

が $0, 1 \sim 1, 0$ となるように調節することによって、 3×3 のアンシャープマスクのシャープさを所望のものとすることができる。式 (8) に、 $E(x_1, 0)/E(0, 0) =$

$$\begin{array}{ccc} 0.18 & 0.30 & 0.18 \\ 0.30 & 1.00 & 0.30 \\ 0.18 & 0.30 & 0.18 \end{array}$$

このマスクから、アンシャープマスクの 1 例を計算する

$$\begin{array}{ccc} -0.12 & -0.22 & -0.12 \\ -0.21 & 2.32 & -0.21 \\ -0.12 & -0.21 & -0.12 \end{array} \quad (8)$$

【0040】このようなアンシャープマスクを用いて、原画像 $I_0(x, y)$ からシャープネス強調画像 $I_S(x, y)$ を求めることができる。なお、本発明に用いられるアンシャープマスクおよびシャープネス強調方法は、上述したものに限定されるわけではなく、この他の従来公知のアンシャープマスクや空間周波数フィルタリング等によるシャープネス強調方法を適用可能なことはもちろんである。

【0041】2) 次に平滑化工程について説明する。

$I_0(x, y) - \langle I_0(x, y) \rangle$ に係数 a を掛けて原画像 $I_0(x, y)$ に加算することによって、シャープネス強調画像 $I_S(x, y)$ を求める方法である。

$$I_S(x, y) = I_0(x, y) - \nabla^2 I_0(x, y) \quad (1)$$

(ラプラシアン) $\nabla^2 I_0(x, y)$ を原画像から引くことによって、シャープネス強調する方法で、次式で表される。

$$I_S(x, y) = I_0(x, y) - \langle I_0(x, y) \rangle \quad (2)$$

る。

に、本発明では式 (4) に示したような正規分布型 (Gaussian) のぼけ関数を用いたアンシャープマスクを用いるのが好ましい。

$$G(x, y) = (1/2\pi\sigma^2) \exp[-(x^2 + y^2)/2\sigma^2] \quad (4)$$

$x = 0$ における値の比、

方法があり、たとえば $5 \times 5, 7 \times 7, 9 \times 9$ 等のマスクを用いることによって、シャープネス強調の空間周波数域の大幅な変更が可能となる。

【0039】また、マスクの関数形としても、上記の正規分布型以外のもの、たとえば、下記式 (6) のような指數関数型のマスクを用いることができる。

$$(6)$$

値とマスクの中心値の比、

$$E(x_1, 0)/E(0, 0) = \exp[-x_1/a] \quad (7)$$

0.3としたときの式 (6) の指數関数のマスクの数値例を示す。

$$\begin{array}{ccc} -0.12 & -0.22 & -0.12 \\ -0.21 & 2.32 & -0.21 \\ -0.12 & -0.21 & -0.12 \end{array} \quad (8)$$

と、次式 (9) のようになる。

$$(9)$$

平滑化を行う方法としては、実空間領域の処理と空間周波数領域の処理を挙げることができる。実空間領域処理では、隣接する画素全体の和を求め平均値を計算してその値に置き換える方法、各画素に重み係数、たとえば正規分布型の関数を掛けて平均値を求める方法、メディアンフィルタのような非線型な処理を行う方法等の種々の方法がある。一方、空間周波数領域の処理では、ローパスフィルタをかける方法がある。たとえば、重み係数を用いる平均化の方法では下記式 (10) を挙げることが

できる。

【0042】

$$I_L(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_0(x, y)$$

【0043】ただし、nは平均化のマスクサイズである。本発明では、実空間領域処理の中で、正規分布型の重み係数を掛けて平均値を求める方法を用いることにするが、これに限定されない。この時、処理のマスクとし

$$\begin{array}{ccccccc} w_{11} & w_{12} & w_{13} & \cdots & \cdots & \cdots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} & \cdots & \cdots & \cdots & w_{2n} \\ w_{31} & w_{32} & w_{33} & \cdots & \cdots & \cdots & w_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ w_{n1} & w_{n2} & w_{n3} & \cdots & \cdots & \cdots & w_{nn} \end{array} \quad (10)$$

【0044】式(12)に9×9画素のマスクの一例を示す。この式(12)では中心の値を1.0に正規化し

$$\begin{array}{cccccccccc} 0.09 & 0.15 & 0.22 & 0.28 & 0.30 & 0.28 & 0.22 & 0.15 & 0.09 \\ 0.15 & 0.26 & 0.38 & 0.47 & 0.51 & 0.47 & 0.38 & 0.26 & 0.15 \\ 0.22 & 0.38 & 0.55 & 0.69 & 0.74 & 0.69 & 0.55 & 0.38 & 0.22 \\ 0.28 & 0.47 & 0.69 & 0.86 & 0.93 & 0.86 & 0.69 & 0.47 & 0.28 \\ 0.30 & 0.51 & 0.74 & 0.93 & 1.00 & 0.93 & 0.74 & 0.51 & 0.30 \\ 0.28 & 0.47 & 0.69 & 0.86 & 0.93 & 0.86 & 0.69 & 0.47 & 0.28 \\ 0.22 & 0.38 & 0.55 & 0.69 & 0.74 & 0.69 & 0.55 & 0.38 & 0.22 \\ 0.15 & 0.26 & 0.38 & 0.47 & 0.51 & 0.47 & 0.38 & 0.26 & 0.15 \\ 0.09 & 0.15 & 0.22 & 0.28 & 0.30 & 0.28 & 0.22 & 0.15 & 0.09 \end{array} \quad (12)$$

【0045】このようなマスクを用いて、原画像 $I_0(x, y)$ から平滑化画像 $I_L(x, y)$ を求めることができる。なお、本発明に用いられる平滑化方法としては、上述した種々の方法に限定されるわけではなく、従来公知の平滑化方法はいずれも適用可能なことはいうまでもない。

【0046】3) 次いで、粒状とエッジの混在成分の抽

$$\Delta I_{EG}(x, y) = I_S(x, y) - I_L(x, y)$$

【0047】4) エッジ検出工程について説明する。

ここでは、一例として局所分散方式によるエッジ検出を代表例として説明するが、本発明はこれに限定される訳ではない。

【0048】前処理：濃度変換

エッジ検出を行う際に、先ず、R, G, Bで相関の無い粒状やノイズを減少させ、エッジ検出の精度を向上させ

$$D_V = (r D_R + g D_G + b D_B) / (r + g + b) \quad (13)$$

重み係数としては、例えば、 $r : g : b = 4 : 5 : 1$ のような値を用いる。この変換を行うのは、R, G, Bで相関の無い粒状やノイズを減少させ、エッジ検出の精度を向上させるためである。前処理の配列の大きさは範囲は 5×5 、あるいは 7×7 画素程度のものを用いるのがよいが、それは、次の処理で配列内の画像濃度の変動を、配列内で小さい配列、例えば、 3×3 程度の配列を用いて、移動しながら計算するためである。

【0049】なお、エッジ検出における重み係数 r, g, b は以下のようにして求めることができる。重み係

【数1】

(10)

ては、下記のような $n \times n$ 画素のマスクを用いるのが好ましい。具体的には 3×3 から 5×5 、 7×7 、 9×9 程度のものを用いるのが好ましい。

$$\begin{array}{ccccccc} w_{11} & w_{12} & w_{13} & \cdots & \cdots & \cdots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} & \cdots & \cdots & \cdots & w_{2n} \\ w_{31} & w_{32} & w_{33} & \cdots & \cdots & \cdots & w_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & \cdot & \cdot \\ w_{n1} & w_{n2} & w_{n3} & \cdots & \cdots & \cdots & w_{nn} \end{array} \quad (11)$$

た値で示しているが、実際の処理ではマスク全体の和が1.0になるようにする。

$$0.09 \quad 0.15 \quad 0.22 \quad 0.28 \quad 0.30 \quad 0.28 \quad 0.22 \quad 0.15 \quad 0.09$$

$$0.15 \quad 0.26 \quad 0.38 \quad 0.47 \quad 0.51 \quad 0.47 \quad 0.38 \quad 0.26 \quad 0.15$$

$$0.22 \quad 0.38 \quad 0.55 \quad 0.69 \quad 0.74 \quad 0.69 \quad 0.55 \quad 0.38 \quad 0.22$$

$$0.28 \quad 0.47 \quad 0.69 \quad 0.86 \quad 0.93 \quad 0.86 \quad 0.69 \quad 0.47 \quad 0.28$$

$$0.30 \quad 0.51 \quad 0.74 \quad 0.93 \quad 1.00 \quad 0.93 \quad 0.74 \quad 0.51 \quad 0.30$$

$$0.28 \quad 0.47 \quad 0.69 \quad 0.86 \quad 0.93 \quad 0.86 \quad 0.69 \quad 0.47 \quad 0.28$$

$$0.22 \quad 0.38 \quad 0.55 \quad 0.69 \quad 0.74 \quad 0.69 \quad 0.55 \quad 0.38 \quad 0.22$$

$$0.15 \quad 0.26 \quad 0.38 \quad 0.47 \quad 0.51 \quad 0.47 \quad 0.38 \quad 0.26 \quad 0.15$$

$$0.09 \quad 0.15 \quad 0.22 \quad 0.28 \quad 0.30 \quad 0.28 \quad 0.22 \quad 0.15 \quad 0.09$$

出工程について説明する。

こうして得られたシャープネス強調画像 $I_S(x, y)$ と平滑画像 $I_L(x, y)$ から両者の差、すなわち下記式(13)を計算し、粒状とエッジとの混在成分 $\Delta I_{EG}(x, y)$ として抽出する。

$$0.09 \quad 0.15 \quad 0.22 \quad 0.28 \quad 0.30 \quad 0.28 \quad 0.22 \quad 0.15 \quad 0.09$$

$$0.15 \quad 0.26 \quad 0.38 \quad 0.47 \quad 0.51 \quad 0.47 \quad 0.38 \quad 0.26 \quad 0.15$$

$$0.22 \quad 0.38 \quad 0.55 \quad 0.69 \quad 0.74 \quad 0.69 \quad 0.55 \quad 0.38 \quad 0.22$$

$$0.28 \quad 0.47 \quad 0.69 \quad 0.86 \quad 0.93 \quad 0.86 \quad 0.69 \quad 0.47 \quad 0.28$$

$$0.30 \quad 0.51 \quad 0.74 \quad 0.93 \quad 1.00 \quad 0.93 \quad 0.74 \quad 0.51 \quad 0.30$$

$$0.28 \quad 0.47 \quad 0.69 \quad 0.86 \quad 0.93 \quad 0.86 \quad 0.69 \quad 0.47 \quad 0.28$$

$$0.22 \quad 0.38 \quad 0.55 \quad 0.69 \quad 0.74 \quad 0.69 \quad 0.55 \quad 0.38 \quad 0.22$$

$$0.15 \quad 0.26 \quad 0.38 \quad 0.47 \quad 0.51 \quad 0.47 \quad 0.38 \quad 0.26 \quad 0.15$$

$$0.09 \quad 0.15 \quad 0.22 \quad 0.28 \quad 0.30 \quad 0.28 \quad 0.22 \quad 0.15 \quad 0.09$$

るため、原画像 $I_0(x, y)$ の R, G, B の 3 色の濃度値 D_R, D_G, D_B を視覚濃度 (Visual density) D_V に変換する。変換式は式(14)に示したように、R, G, B の 3 色の濃度値 D_R, D_G, D_B に重み係数 r, g, b を掛けて視覚濃度 (Visual density) D_V に変換するものである。

$$0.09 \quad 0.15 \quad 0.22 \quad 0.28 \quad 0.30 \quad 0.28 \quad 0.22 \quad 0.15 \quad 0.09$$

$$0.15 \quad 0.26 \quad 0.38 \quad 0.47 \quad 0.51 \quad 0.47 \quad 0.38 \quad 0.26 \quad 0.15$$

$$0.22 \quad 0.38 \quad 0.55 \quad 0.69 \quad 0.74 \quad 0.69 \quad 0.55 \quad 0.38 \quad 0.22$$

$$0.28 \quad 0.47 \quad 0.69 \quad 0.86 \quad 0.93 \quad 0.86 \quad 0.69 \quad 0.47 \quad 0.28$$

$$0.30 \quad 0.51 \quad 0.74 \quad 0.93 \quad 1.00 \quad 0.93 \quad 0.74 \quad 0.51 \quad 0.30$$

$$0.28 \quad 0.47 \quad 0.69 \quad 0.86 \quad 0.93 \quad 0.86 \quad 0.69 \quad 0.47 \quad 0.28$$

$$0.22 \quad 0.38 \quad 0.55 \quad 0.69 \quad 0.74 \quad 0.69 \quad 0.55 \quad 0.38 \quad 0.22$$

$$0.15 \quad 0.26 \quad 0.38 \quad 0.47 \quad 0.51 \quad 0.47 \quad 0.38 \quad 0.26 \quad 0.15$$

$$0.09 \quad 0.15 \quad 0.22 \quad 0.28 \quad 0.30 \quad 0.28 \quad 0.22 \quad 0.15 \quad 0.09$$

数については、視覚で観察したときに目立つ（これは、分光的な視感度分布に対応するという見方もあるが）、すなわち寄与の大きい色の画像データの重み係数が大きいという考えに基づいて最適な値に設定するのが好ましい。一般には、視覚評価実験等に基づいて経験的な重み係数が求められており、下記のような値が一般的な知見として知られている（公知文献としては、野口高史、「心理対応の良い粒状評価法」、日本写真学会誌、57(6), 415 (1994) があり、色によって異なるが、下記の比に近い数値が示されている）。

r : g : b = 3 : 6 : 1

r : g : b = 4 : 5 : 1

r : g : b = 2 : 7 : 1

ここで、係数の比 r : g : b として好ましい値の範囲を規定するとすれば、 $r + g + b = 10$ 。0 で b を 1.0 としたときに、g の値として、

g = 5, 0 ~ 7, 0

の範囲の値が好ましい。ただし、r = 10, 0 - b - g である。

【0050】局所分散によるエッジ検出

$$\sigma_{ij} = \left\{ \frac{1}{N_E^2} \sum_i \sum_j (D_{ij} - \langle D \rangle)^2 \right\}^{1/2} \quad (15)$$

ただし、 D_{ij} は局所分散を計算する $N_E \times N_E$ の画素配列の濃度で、 $\langle D \rangle$ はその配列の平均濃度で、下記式 (16) のように表される。

$$\langle D \rangle = \frac{1}{N_E^2} \sum_i \sum_j D_{ij}$$

【0053】5) 次に、エッジ検出による粒状領域とエッジ領域の重み付け係数の算出工程について説明する。上記式 (15) および (16) に示す局所分散 $\sigma(x, y)$ から、下記式 (17) および (18) のように非線形変換

$$W_E(x, y) = L\{\sigma(x, y)\}$$

$$W_G(x, y) = 1 - W_E(x, y)$$

ここで、上記式 (17) に示す LUT 変換 $L\{\sigma(x, y)\}$

$$L\{\sigma(x, y)\} = 1 - \exp[-\sigma(x, y)/a_E]$$

ただし、 a_E は局所分散 $\sigma(x, y)$ の値を重み付け $W_E(x, y)$ に変換する際の係数で、 $W_E = 0.5$ に割り付ける $\sigma(x, y)$ の閾値 σ_T とすると、

$$a_E = -\sigma_T / \log_e(0.5)$$

である。 σ_T の値は、粒状と被写体輪郭の信号の大きさによって適切な値にする必要があるが、各色 8 bit (256 階調) のカラー画像では 10 ~ 100 の範囲の値が好ましい。なお、このように非線形変換を、LUT

$$L\{\sigma(x, y)\} = 1 - \exp\{-[\sigma(x, y)]^2/a_{E1}^2\} \quad (20)$$

ただし、 a_{E1} は $\sigma(x, y)$ から $W_E(x, y)$ に変換する際の係数で、 $W_E = 0.5$ に割り付ける $\sigma(x, y)$ の閾値を σ_T とすると、

$$a_{E1}^2 = -\sigma_T^2 / \log_e(0.5)$$

である。 σ_T の値は、各色 8 bit (256 階調) のカラー画像では 10 ~ 100 の範囲の値が好ましい。なお、上述の局所分散方式のエッジ検出法では、局所分散 $\sigma(x, y)$ を計算し、非線形変換によって、エッジ領域の重み付け係数 W_E を直接求めているが、本発明はこれに限定されず、得られた局所分散 $\sigma(x, y)$ からエッジ領域の重み付け係数 W_E を求めてよい。

$$g(i, j) = \{[f(i, j) - f(i+l, j+l)]^2 + [f(i+l, j) - f(i, j+l)]^2\}^{1/2}$$

(21)

テンプレート型オペレータとして、8 方向のエッジパターンに相当する 3×3 テンプレートを用いる Robinson のオペレータや Kirsh のオペレータがある。次に、空間

エッジの検出は、上記視覚濃度 D_V の画像データから $N_E \times N_E$ 画素の配列を移動しつつ、配列内の画像濃度変動を式 (15) を用いて、その位置毎の局所的な標準偏差 σ を順次局所分散として計算することによって、画像中の被写体エッジの検出を行う。画素配列の大きさ ($N_E \times N_E$) は、検出精度および計算負荷を考慮して適宜決めればよいが、例えば 3×3 、あるいは 5×5 程度の大きさを用いるのが好ましい。

【0051】

【数2】

(15)

【0052】

【数3】

(16)

換 (ルックアップテーブル (LUT) 変換) を行って、エッジ領域および粒状領域の重み付け係数 (データ) $W_E(x, y)$ および $W_G(x, y)$ を求める。ただし、 $\sigma(x, y) = \sigma_{ij}$ である。

(17)

(18)

) は、下記式 (19) で表すことができる。

$$L\{\sigma(x, y)\} = 1 - \exp[-\sigma(x, y)/a_E] \quad (19)$$

(Look up table) として作成しておくと、変換に要する計算時間を短縮することができる。好ましい。

【0054】エッジ領域の重み付け $W_E(x, y)$ を求めるための非線形変換式 $L\{\sigma(x, y)\}$ としては、上記式に限定されるものではなく、他の式を用いることもできる。たとえば、下記式 (20) のようなガウシアン型の関数を用いても良い。

$$L\{\sigma(x, y)\} = 1 - \exp\{-[\sigma(x, y)]^2/a_{E1}^2\} \quad (20)$$

【0055】ところで、本発明においてエッジ検出法としては、上記局所分散方式のエッジ検出法に限定されるわけではなく、他のエッジ検出法も利用可能である。上記局所分散方式以外のエッジ検出法には、一次微分や二次微分に基づく方法があり、それぞれに、更に幾つかの方法がある。まず、空間的な一次微分に基づく方法としては、下記の 2 つのオペレータがある。差分型エッジ抽出オペレータとして、Prewitt のオペレータ、Sobel のオペレータ、Roberts のオペレータなどがある。Roberts のオペレータは下記式 (21) で表わすことができる。

$$g(i, j) = \{[f(i, j) - f(i+l, j+l)]^2 + [f(i+l, j) - f(i, j+l)]^2\}^{1/2}$$

(21)

的な二次微分に基づく方法としては、ラプラシアンを用いた方法がある。この場合、雑音を強調してしまうので、先ず正規分布型のぼかし処理をしてからエッジ検出

する方法が良く用いられる。

【0056】次に、粒状とエッジの識別・分離工程における粒状とエッジの重み付けについて説明する。ここでは、粒状成分とエッジ成分を識別し、分離するには、粒状とエッジの特徴を利用する。先ず、空間的な領域では、粒状はフィルム全体すなわち画像全体にあるが、被写体の輪郭やエッジの部分よりも平坦な部分で目立つ。一方、エッジは画像中の主として被写体の輪郭部分と被写体表面の微細構造のある部分にある。また、濃度領域では、粒状は主として撮影に用いた写真感光材料の粒状で構成されているので、濃度差は小さいものが多いが、エッジは被写体のコントラストに依存しており、画像に

$$G_0(x, y) = W_G(x, y) \times \Delta I_{EG}(x, y) \quad (22)$$

図4(a), (b)および(c)に、それぞれ本工程において、粒状とエッジの混在画像データ $\Delta I_{EG}(x, y)$ から識別・分離して得られた銀塩フィルムの画像(正確には、シャープネス強調画像)のR, G, Bの粒状成分の2次元濃度プロファイル $G_{0R}(x, y)$, $G_{0G}(x, y)$, $G_{0B}(x, y)$ の一例をx方向の濃度プロファイルで模式的に示す。なお、これらの粒状成分には、未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子による黑白粒状成分と色素雲による色素(カラー)粒状とが混在している。同図から明らかなように、R, G, Bの粒状成分の濃度プロファイル $G_{0R}(x, y)$, $G_{0G}(x, y)$, $G_{0B}(x, y)$ に、銀粒状に基づく同

$$G_0(x, y) = LUT(\Delta D(x, y)) \quad (23)$$

ただし、LUTは

$$LUT(\Delta D) = \Delta D \times \exp[-(\Delta D)^2 / a_G^2] \quad (24)$$

で、 a_G^2 は粒状の濃度変動の閾値 G_T から決まる定数で、

$$a_G^2 = -G_T^2 / \log_e(1/2)$$

である。

【0059】ここで、粒状の濃度変動の閾値 G_T は、粒状とエッジの混在画像データ $\Delta I_{EG}(x, y)$ の中で、この値以下の濃度変動は粒状であると見做すものであるが、式(24)から容易に判るように、この閾値を境にon/off的に分離するのではなく、濃度変動が大きくな

$$G_0(x, y) = NLG\{\Delta I_{EG}(x, y) \times W_G(x, y)\} \quad (25)$$

【0060】ところで、粒状の識別閾値 G_T の値は、処理する画像の粒状やノイズの大きさとシャープネス強調処理の程度によって、最適な値を選択するのが好ましい。粒状の識別は、シャープネス強調処理を行った画像で行うので、その粒状は元の画像の粒状がシャープネス強調処理でシャープになり、かつ濃度変動が大きくなつた粒状である。したがって、粒状抑制処理を行う際に、周辺の $n \times n$ 画素の濃度変動を参照して、シャープネス強調処理後の粒状の大きさをRMS粒状度 σ 等の物理値で表し、それに基づいて粒状の識別閾値 G_T を決めることがある。以下に、その決定方法について説明する。

【0061】カラー写真感光材料の粒状は、通常、マイ

$$\sigma_{sc} = \sigma_{48} \sqrt{A_{48}} / \sqrt{A_{sc}}$$

よって大きく異なるが、濃度差は微小なものから非常に大きいものまで変化に富んだものとなっている。

【0057】6) 次に、粒状とエッジの識別・分離工程について説明する。

粒状とエッジを識別・分離するために、先ず両者の空間的な特徴を利用して、粒状とエッジの領域分割を行う。原画像から検出した被写体のエッジを用いて求めた粒状領域の重み付け係数 $W_G(x, y)$ を、粒状とエッジの混在画像データ(濃度変動値) $\Delta I_{EG}(x, y)$ に乗算することによって、エッジ領域ではエッジ情報を減少させ、粒状領域における粒状情報の比率の高い粒状成分 $G_0(x, y)$ を得ることができる。

$$G_0(x, y) = W_G(x, y) \times \Delta I_{EG}(x, y) \quad (22)$$

様なノイズが、3箇所R, G, B共通に存在することがわかる。

【0058】なお、本発明においては、濃度領域での特徴を利用して、粒状とエッジの画像情報の分離を行ってもよい。すなわち、濃度差 $\Delta D(x, y)$ の小さい信号は主として粒状成分で、エッジ信号も幾分混在し、濃度差の大きい信号は主としてエッジ成分で、濃度差の大きめの粒状成分が混在しているので、濃度差の大小を用いて粒状とエッジの分離を行うことができる。粒状成分 $G_0(x, y)$ の分離は、下記の式(23)で表す非線形変換のLUTを用いて行うことができる。

$$G_0(x, y) = LUT(\Delta D(x, y)) \quad (23)$$

るにつれて徐々に小さくなるLUT形状に従って、分離する粒状が減少していくようにしている。従って、粒状と共にエッジも混入するが、その割合も徐々に減少する。このような非線形変換LUTを非線形変換関数NLGとして表わし、上記式(23)および(24)を参照することにより、粒状成分 $G_0(x, y)$ を、上記式(22)の代わりに、下記式(25)として表わすこともできる。

$$G_0(x, y) = NLG\{\Delta I_{EG}(x, y) \times W_G(x, y)\} \quad (25)$$

クロデンシトメータを用いて、 $48 \mu\text{m}$ の測定開口を用いてRMS粒状度で測定されており、一般的あるいは典型的なカラーネガフィルム、例えばSuper G ACE 100, 200, 400, 800(いずれも富士写真フィルム社製)などでは4~5の値(RMS粒状度 σ_{48} を1000倍した値で表示したもの)となっている。このフィルムを開口面積Aでスキャニングすることによってデジタル化すると、その開口面積でのフィルムの粒状度 σ_{sc} は、良く知られたSelwynの粒状度の式 $S = \sigma \sqrt{A}$ を用いて、上記 $48 \mu\text{m}$ の開口で測定したRMS粒状度 σ_{48} から次式(26)で換算することができる。

$$\sigma_{sc} = \sigma_{48} \sqrt{A_{48}} / \sqrt{A_{sc}}$$

ここで、 A_{48} は $48 \mu\phi$ の開口の面積である。たとえば、フィルムの粒状度が4で、デジタル化のスキャニ

$$\sigma_{sc} = \sigma_{48} \sqrt{A_{48}} / \sqrt{A_{12}} = 0.016$$

となる。ただし、いずれの場合も光学系とスキャニング開口によるばけは同じとする。

$$\sigma_{sc'} = p \sigma_{sc}$$

となる。粒状の識別閾値 G_T の値は、処理すべき画像の粒状度に比例する値、すなわち $G_T = k_G \sigma_{sc'}$ が好ましい。ただし、 k_G は定数で、1.0～3.0の値が好ましい。 G_T の値を σ より大きくすればするほど粒状はより完全に識別できるようになる反面、粒状の濃度変動に近い低コントラストの被写体情報が粒状として誤認される確率が高まる。逆に σ より小さくすると被写体情報は誤認されにくくなるが、粒状の中で濃度変動の大きい粒状が捕らえられなくなってしまい、画像の中に粗い粒状が残ることになる。

【0063】7) 黒白(銀)粒状成分と色素粒状成分の識別・分離工程について説明する。

ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子による黑白の粒状成分は、銀像の分光濃度分布がほぼ平坦であるため、フィルムをスキャナで走査する際にR, G, Bの各色の粒状成分に共通に含まれている。一方、色素による粒状を構成している色素雲が、銀塩フィルムのR, G, Bの各乳剤層でほぼ独立に生成されるため、粒状パターンもほぼ独立と見做せる。従って、画像データを局所的に見て、銀

$$C_{RGB}(x, y) = \sum_{i=R, G, B} \{G_{0i}(x, y)\}$$

【0065】図5に、本工程において、図4(a), (b)および(c)に示すR, G, Bの粒状成分の2次元濃度プロファイル $G_{0R}(x, y)$, $G_{0G}(x, y)$, $G_{0B}(x, y)$ から得られた銀塩フィルムの画像におけるRGBの色相関成分の2次元濃度プロファイル $C_{RGB}(x, y)$ の一例をx方向の濃度プロファイルで模式的に示す。同図から明らかなように、この色相関成分の2次元濃度プロファイル $C_{RGB}(x, y)$ には、R, G, B共通に存在する黑白粒状成分が、3箇所で色相関があるまたは強い部分として抽出されていることがわかる。

【0066】こうして得られた粒状の色相関成分 C_{RGB}

$$C_{Ag_i}(x, y) = \{C_{RGB}(x, y)$$

【0067】ここで、未現像ハロゲン化銀や現像銀による黑白粒状成分 $G_{Ag_i}(x, y)$ には、R, G, B共通に存在する黑白粒状成分 $G_{0Ag}(x, y)$ の他に、各色毎に異なる未現像ハロゲン化銀や現像銀による黑白(銀)粒状成分をも共存している。しかしながら、図4(a), (b), (c)および図5から明らかなように、元々、色相関成分 $C_{RGB}(x, y)$ 自体が、R, G, Bの粒状成分 $G_{0R}(x, y)$, $G_{0G}(x, y)$, $G_{0B}(x, y)$ から相関の強い部分で大きな値を持ち、相関ない部分では小さい値を持ち、略0と見做せる値となる特性を持つ。このため、黒

$$G_{0i}(x, y) = G_{0Ag}(x, y) + G_{0Dye_i}(x, y)$$

ング開口を $12 \mu\phi$ (開口面積は A_{12})とすると、

$$(27)$$

【0062】シャープネス強調を行ったときに粒度 σ_{sc} が p 倍に大きくなつたとすると、

$$(28)$$

粒状はR, G, Bの相関が大きくまたは強く(色相関があり)、色素粒状は相関が小さいまたは弱い(色相関が無い)ことを利用して両者の識別を行う。エッジと粒状の識別・分離工程で式(22)によって得られたR, G, Bの粒状成分 $G_{0i}(x, y)$ (ただし、 $i = R, G, B$)から色相関成分 $C_{RGB}(x, y)$ を計算し、色相関が強ければ3色に共通して含まれている黑白粒状と見做し、色相関が弱ければ各色に独立に含まれている色素雲による色素粒状と見做すことによって、黑白粒状と色素粒状の識別を行う。色相関を計算するには、下記式(29)に示すように、先ず、各色毎に画素(x, y)を中心とする $n \times n$ 画素の粒状成分(データ) $G_{0i}(x, y)$ の平均値 $\langle G_{0i}(x, y) \rangle$ を求める。次に、各色における平均値 $\langle G_{0i}(x, y) \rangle$ と粒状データ $G_{0i}(x, y)$ との差から変動値 $\Delta G_{0i}(x, y)$ を求め、その変動値の総和を局所的な色相関成分 $C_{RGB}(x, y)$ とする。

【0064】

【数4】

$$-\langle G_{0i}(x, y) \rangle / 3 \quad (29)$$

(x, y)を定数 C_{max} で正規化した上で、R, G, Bの粒状成分 $G_{0i}(x, y)$ に掛けたものを、未現像ハロゲン化銀や現像銀による黑白粒状成分 $G_{Ag_i}(x, y)$ と見做す(下記式(30))。ここで、この定数 C_{max} の値は、画像全体の $C_{RGB}(x, y)$ の最大値としても良く、あるいは平均値の定数倍(たとえば2倍)としても良く、また、画像に含まれるハロゲン化銀粒子と現像銀の量、原画像の粒状の粗さ、およびシャープネス強調の強さに基づいて値を設定しても良い。画像データがR, G, B各色8bitならば、10～100の範囲に入る値が好ましい。

$$/ C_{max} \} \times G_{0i}(x, y) \quad (30)$$

白粒状成分 $G_{Ag_i}(x, y)$ は、RGB各色毎のバラツキは小さく、R, G, B共通に存在する黑白粒状成分 $G_{0Ag}(x, y)$ と見做すことができ、 $G_{0Ag}(x, y) \equiv G_{Ag_R}(x, y) \equiv G_{Ag_G}(x, y) \equiv G_{Ag_B}(x, y) \equiv G_{Ag_i}(x, y)$ と表すことができる。

【0068】さらに、詳細に説明すると、RGBの粒状成分 $G_{0i}(x, y)$ は、RGB共通に存在する黑白粒状成分 $G_{0Ag}(x, y)$ とRGB毎の色素粒状成分 $G_{0Dye_i}(x, y)$ とからなり、下記式(31a)で表される。

$$(31a)$$

ここで、特に、黑白粒状成分の大きいところでは、 $G_{0Ag}(x, y) \gg G_{0Dyei}(x, y)$ であり、色相関係数 C_{RGB}
 $G_{0i}(x, y) \approx G_{0Ag}(x, y)$ と近似でき、RGB共通と見做すことができる。この時、 $C_{RGB}(x, y) / C_{max} \approx 1$ と近似できるので、従つて、上記式(30)の $G_{Ag_i}(x, y)$ は、 $G_{0Ag}(x, y)$ と
 $G_{0i}(x, y) \approx G_{0Dyei}(x, y)$

と近似でき、RGBの色素粒状成分が支配的になるが、色相関係数 $C_{RGB}(x, y)$ が小さいので、上記式(30)の $G_{Ag_i}(x, y)$ は、小さい値となり、例えばこの時、 $C_{RGB}(x, y) / C_{max} \approx 0$ と近似できるので、 $G_{Ag_i}(x, y)$ も、 $G_{0Ag}(x, y)$ も 0 と見做すことができ、RGB共通に 0 と見做すことができる。

【0069】なお、以上の説明では、RGB共通に存在する黑白粒状成分を $G_{0Ag}(x, y)$ 、RGB毎の色素粒状成分を $G_{0Dyei}(x, y)$ 、未現像ハロゲン化銀や現像銀による黑白粒状成分を $G_{Ag_i}(x, y)$ と厳密に表現しているが、上記式(30)で得られる黑白粒状成分 $G_{Ag_i}(x,$

$$G_{Dyei}(x, y) = G_{0i}(x, y) - G_{Ag}(x, y) \quad (31)$$

【0071】図6ならびに図7(a), (b)および(c)に、本工程において、図5のRGBの色相関成分の2次元濃度プロファイル $C_{RGB}(x, y)$ を用いて、図4(a), (b)および(c)に示すR, G, Bの粒状成分の2次元濃度プロファイル $G_{0R}(x, y)$, $G_{0G}(x, y)$ および $G_{0B}(x, y)$ から識別・分離された銀塩フィルムの画像における未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子などの銀粒状による黑白粒状成分の2次元濃度プロファイル $G_{Ag}(x, y)$ ならびに色素雲による色素粒状成分の2次元濃度プロファイル $G_{DyeR}(x, y)$, $G_{DyeG}(x, y)$ および $G_{DyeB}(x, y)$ の各々の一例を x 方向の濃度プロファイルでそれぞれ模式的に示す。なお、図6では、黑白粒状成分 $G_{Ag_i}(x, y)$ が各色でほとんど同じであるので、代表として1つの濃度プロファイルのみを示す。これらの図から明らかなように、黑白粒状成分の2次元濃度プロファ

$$G_{Ag}(x, y)' = \alpha_{Ag} \times G_{Ag}(x, y) \\ G_{Dye}(x, y)' = \alpha_{Dye} \times G_{Dye}$$

【0073】9) 最後に、シャープネス強調画像からの粒状抑制工程（粒状抑制・シャープネス強調の最終処理画像の作成工程）について説明する。

シャープネス強調工程において式(1)で求めたシャープネス強調画像 $I_S(x, y)$ データから、黑白粒状抑制成

$$I_1(x, y) = I_S(x, y) - G_{Ag}(x, y)' - G_{Dye}(x, y)' \quad (33)$$

こうして、原画像 $I_0(x, y)$ から粒状などのノイズが抑制されかつ十分にシャープネスが強調された最終処理画像 $I_1(x, y)$ を得ることができる。本発明の画像処理方法およびこれを実施する画像処理装置は基本的に以上のように構成される。

【0074】本発明のデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法および装置を種々の原画像に対して具体的に実施した。まず、欧州特

(x, y) が大きく、

(31b)

見做すことができる、RGB共通と見做すことができる。また、上記式(31a)において、黑白粒状成分の小さいところでは、 $G_{0Ag}(x, y) \ll G_{0Dyei}(x, y)$ であり、

(31c)

y は、RGB共通に存在する黑白粒状成分 $G_{0Ag}(x, y)$ と見做すことができるので、以下の説明では、これらを黑白粒状成分 $G_{Ag}(x, y)$ として表現する。もちろん、黑白粒状成分 $G_{Ag}(x, y)$ としては、上記式(30)で得られる黑白粒状成分 $G_{Ag_i}(x, y)$ のいずれか1つ、または $G_{Ag_i}(x, y)$ ($i = R, G, B$) の平均値を用いてもよい。

【0070】一方、色素粒状成分 $G_{Dyei}(x, y)$ 、(ただし、 i は R, G, B) は、下記式(31)のように、各色毎に粒状成分 $G_0(x, y)$ から黑白粒状成分 $G_{Ag}(x, y)$ を引くことによって求める。

(31)

イル $G_{Ag}(x, y)$ には、3箇所の R, G, B 共通に存在する黑白の銀粒状成分が抽出され、色素粒状成分の2次元濃度プロファイル $G_{DyeR}(x, y)$, $G_{DyeG}(x, y)$ および $G_{DyeB}(x, y)$ には色相関のないまたは弱い部分のみが抽出されていることがわかる。以下の説明では、表現を単純化するために、特に区別の必要がある時を除いて、添字 i (=R, G, B) を省略して示す。

【0072】8) 黒白粒状と色素粒状の抑制成分の算出工程について説明する。

上記式(30)によって得られた黑白粒状成分 $G_{Ag}(x, y)$ に抑制定数 α_{Ag} を乗じたものを黑白粒状抑制成分 $G_{Ag}(x, y)'$ とし、一方、上記式(31)によって得られた色素粒状成分 $G_{Dye}(x, y)$ に抑制定数 α_{Dye} を乗じたものを色素粒状抑制成分 $G_{Dye}(x, y)'$ とする。

(x, y)

(32)

分 $G_{Ag}(x, y)'$ と色素粒状抑制成分 $G_{Dye}(x, y)'$ を差し引いて、シャープネス強調画像 I_S の粒状領域から黑白および色素粒状抑制成分を選択的に除去することにより、粒状が抑制されたシャープネス強調画像を得ることができる。

$$I_1(x, y) = I_S(x, y) - G_{Ag}(x, y)' - G_{Dye}(x, y)' \quad (33)$$

許第800, 114A号の実施例1～5に記載されている感光材料を用い、同実施例に記載の画像形成方法によって画像形成を行う際に、その画像処理において、図1および図2に示す本発明の画像処理装置を追加し、図3に示す本発明の粒状抑制・シャープネス強調の画像処理方法を実施したところ、同様に粒状が抑制され、且つシャープネスが大幅に向上した画像が得られた。

【0075】本発明の画像処理方法を、未現像ハロゲン

化銀粒子や現像銀粒子の無い通常の主な銀塩カラー写真感光材料、すなわち、すなわち、カラーネガフィルムおよびカラーリバーサルフィルムに撮影した写真画像（35mm、プロニー、新写真システムAPS、レンズ付フィルム（LF）、インスタント）などに適用したところ、粒状とシャープネス共に一見して判る程の顕著な改善効果を得ることができた。特に粒状については銀塩カラー写真感光材料の微粒子化による粒状改良に匹敵する処理効果を持つため、従来の平均化や揺らぎの減少に基づく各種の粒状除去処理法の欠点であった「ぼけ粒状」的な不自然さや違和感がない。また、シャープネスについては、上記の粒状抑制と組み合わせることにより、従来のアンシャープマスクやラプラスアンフィルタよりも大幅な強調効果を得ることができる。

【0076】なお、上述した例では、シャープネス強調画像からエッジ領域と識別・分離された平坦領域を粒状領域あるいはノイズ領域と見做し、この平坦領域であるノイズ領域に存在するノイズ成分をR、G、Bの粒状成分に共通に存在する色相関のある（強い）銀粒状などによる黑白粒状成分などの黑白ノイズ成分と、色相関の無い（弱い）色素雲などによる色素粒状成分などのカラーノイズ成分とに識別して分離し、これらをそれぞれ選択的に抑制しているが、エッジ領域においては、粒状抑制などのノイズ抑制を行っていないが、本発明はこれに限定されず、エッジ領域においても、画像エッジに重畠されたノイズ成分を黑白ノイズ成分とカラーノイズ成分とに識別・分離して、これらをそれぞれ選択的に抑制してもよい。しかしながら、平坦領域と異なり、エッジ領域のエッジ像は、色相関が強いため、エッジ領域では、未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子からなる銀粒状などによる黑白粒状成分などの黑白ノイズ成分と色素雲などによる色素粒状成分などのカラーノイズ成分とを識別するのが困難である。

【0077】また、銀塩カラー写真感光材料における画像においては、エッジ領域の銀エッジ像は、同時に粒状も形成しているが、色素エッジ像と共に主として画像を形成しているので、銀粒状ほど抑制する必要はない場合が多い。むしろ、エッジ領域の銀エッジ像は、印刷画像の墨版のように画像エッジや輪郭を際立たせる効果を発揮する場合があり、積極的に残すほうが良い場合もある。なお、エッジ領域の銀エッジ像を抑制せずに残すと、原画像に色物のエッジや輪郭部がある場合、色物のエッジや輪郭部に黒いエッジや輪郭が残ってしまい、画像として好ましくなくなってしまう。このため、エッジ領域では、一般的には、未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子による黑白像は除去せず、画質向上のために残すのが好ましいが、さらに好ましくは、原画像の絵柄に応じて未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子による黑白像を除去するか、残すかを適宜決定するのがよい。

【0078】なお、上述した説明では、銀塩カラー写真

感光材料、特に欧州特許第800,114A号に記載されている感光材料に担持される画像においては、現像銀粒子と共に未現像ハロゲン化銀粒子が残っている場合を対象としているが、本発明はこれに限定されず、例えば、特開平8-89977号公報に記載のドライ定着部材による処理などのように、ハロゲン化銀溶剤を用いて透明化する処理を行い、黑白粒状成分への未現像ハロゲン化銀粒子の寄与を低減させてよい。この場合には、黑白粒状成分はほとんど現像銀粒子によって構成される。もちろん、本発明においては、残存する未現像ハロゲン化銀の透明化処理は、実施しても、実施しなくてもよいことはもちろんである。

【0079】本発明に係るデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法および装置について実施例を挙げて詳細に説明したが、本発明はこれに限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、種々の改良および設計の変更を行ってよいことはもちろんである。

【0080】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の画像処理方法および装置によれば、画像の被写体成分と同時に粒状等のノイズ成分もシャープネス強調により微細化されており、その粒状等のノイズ成分をシャープネス強調画像から差し引く方法で粒状等のノイズを抑制するので、元の粒状等のノイズより空間的に細かくかつ濃淡変化の小さい粒状等のノイズを実現することができ、従って、粒状等のノイズは空間的に微細化されるので、例えば、銀塩カラー写真感光材料で微粒子乳剤を用いた時に得られるような細かい粒状にすることができる。

【0081】また、本発明を、銀塩カラー写真感光材料、特に色素の他に未現像のハロゲン化銀粒子や現像銀粒子を含む感光材料に撮影された画像をデジタル化した画像に適用すると、従来の画像処理方法で見られたような欠点、すなわち、粒状が強調され視覚的に不快に見えるという欠点、コントラストの低い画像信号が粒状と誤認され、抑制あるいは除去される欠点、粒状除去領域とシャープネス強調領域の境界が不連続になり画像に不自然なアーティファクトが見られるという欠点を生じさせずに、粒状を抑制し、かつ画像シャープネスを大幅に強調した画像を得ることができる。また、本発明によれば、粒状等のノイズはシャープネス強調され、空間的に微細化されるので、銀塩カラー写真感光材料では微粒子乳剤を用いた時に得られるような細かい粒状となり、平滑化を用いた従来法の欠点であるぼけ粒状のような視覚的な違和感や不快感の無い自然な粒状抑制効果が得られる。

【0082】さらに、本発明を、デジタルスチルカメラなどによって撮像された画像に適用すると、R、G、Bの色相関を有するようなノイズやアーティファクト、すなわち、撮像デバイス、撮像素子（CCDやMOS型

等)などの固定パターンノイズやエイリアジングによるモアレ等のR, G, Bの色相関を有するようなノイズやアーティファクトと、フォトンノイズや電子回路等の熱雑音等のランダムなノイズとを識別・分離し、それらを除去・抑制することによって、画質の向上を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る画像処理装置を組み込んだ、カラー写真画像を読み取り、粒状抑制・シャープネス強調の画像処理を行い、出力装置でカラー画像を出力するシステムの一実施例を示すブロック図である。

【図2】 本発明に係る粒状抑制・シャープネス強調の画像処理装置の一実施例を示すブロック図である。

【図3】 本発明の粒状を抑制しつつシャープネスを強調するための画像処理方法の一実施例を示すフローチャートである。

【図4】 (a), (b) および (c) は、それぞれ、図3に示す画像処理方法の粒状とエッジの識別・分離工程において得られた銀塩フィルムの画像におけるR, G, Bの粒状成分の2次元濃度プロファイル $G_{0R}(x, y)$, $G_{0G}(x, y)$, $G_{0B}(x, y)$ の一例をx方向の濃度プロファイルで模式的に示すグラフである。

【図5】 図3に示す画像処理方法の黑白粒状と色素粒状分の識別・分離工程において得られた銀塩フィルムの画像におけるRGBの色相関成分の2次元濃度プロファイル $C_{RGB}(x, y)$ の一例をx方向の濃度プロファイルで模式的に示すグラフである。

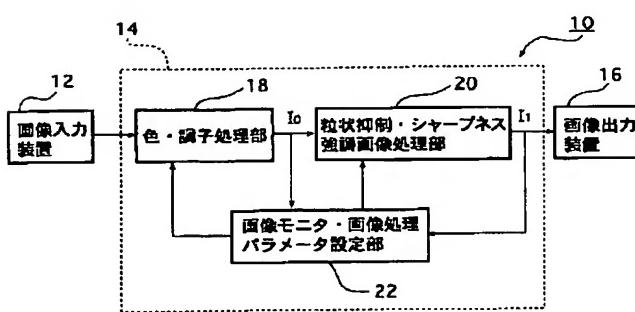
【図6】 図3に示す画像処理方法の黑白粒状と色素粒状分の識別・分離工程において得られた銀塩フィルムの画像における黑白粒状成分の2次元濃度プロファイル $G_{Ag}(x, y)$ の一例をx方向の濃度プロファイルで模式的に示すグラフである。

【図7】 (a), (b) および (c) は、それぞれ、図3に示す画像処理方法の黑白粒状と色素粒状分の識別・分離工程において得られた銀塗フィルムの画像における色素粒状成分の2次元濃度プロファイル $G_{DyeR}(x, y)$, $G_{DyeG}(x, y)$ および $G_{DyeB}(x, y)$ の一例をx方向の濃度プロファイルでそれぞれ模式的に示すグラフである。

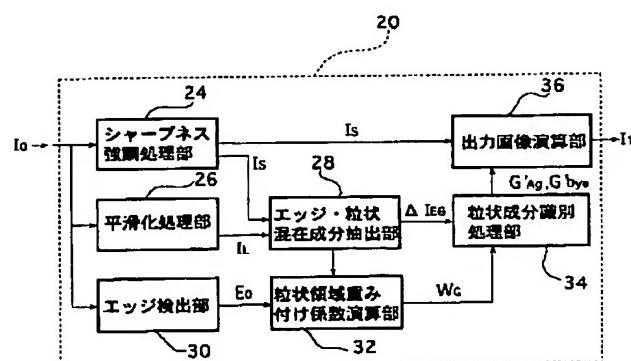
【符号の説明】

- 10 カラー画像再生システム
- 12 画像入力装置
- 14 画像出力装置
- 16 画像モニタ・画像処理パラメータ設定部
- 18 色・調子処理部
- 20 粒状抑制・シャープネス強調画像処理部
- 22 画像モニタ・画像処理パラメータ設定部
- 24 シャープネス強調処理部
- 26 平滑化処理部
- 28 エッジ・粒状混在成分抽出部
- 30 エッジ検出部
- 32 粒状領域重み付け係数演算部
- 34 粒状成分識別処理部
- 36 出力画像演算部
- 10 画像入力装置
- 16 画像出力装置
- 18 色・調子処理部
- 20 粒状抑制・シャープネス強調画像処理部
- 22 画像モニタ・画像処理パラメータ設定部
- 24 シャープネス強調処理部
- 26 平滑化処理部
- 28 エッジ・粒状混在成分抽出部
- 30 エッジ検出部
- 32 粒状領域重み付け係数演算部
- 34 粒状成分識別処理部
- 36 出力画像演算部

【図1】



【図2】



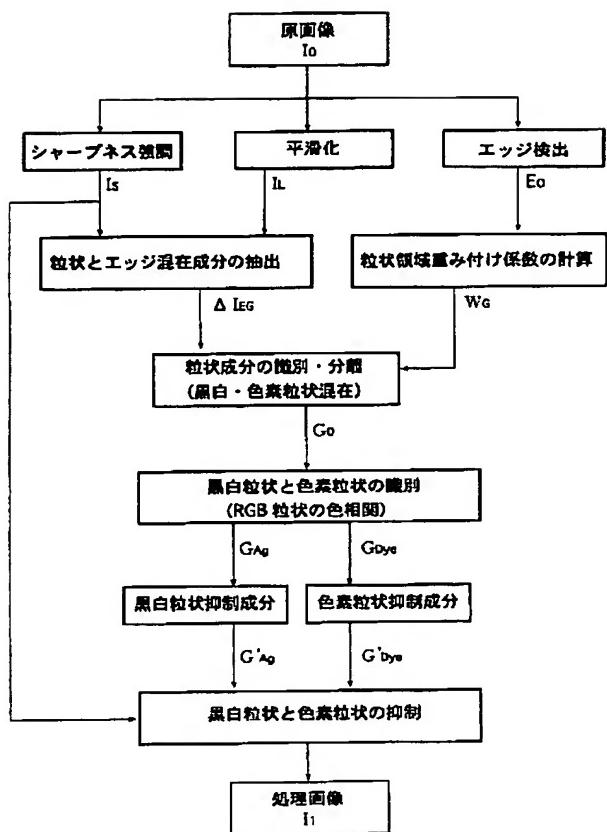
【図5】



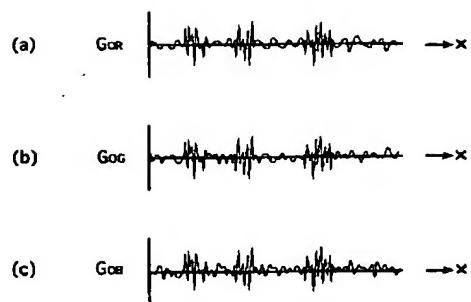
【図6】



【図 3】



【図 4】



【図 7】

